

**Evaluación del efecto de la aplicación de hongos micorrízicos sobre el crecimiento de
plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en vivero en el occidente cercano
antioqueño**

Omar Ferney Fonnegra Carvajal

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Agronomía
Medellín
2020

Evaluación del efecto de la aplicación de hongos micorrízicos sobre el crecimiento de plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en vivero en el occidente cercano antioqueño

Omar Ferney Fonnegra Carvajal

Trabajo de Grado, presentado como requisito parcial para optar al título de Agrónomo

Asesora

Catalina Muñoz Monsalve

Ing. Agroindustrial, Esp. en Alimentación y Nutrición

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Agronomía

Medellín

2020

Notas de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín,

Dedicatoria

De manera muy especial, a mi madre, quien con su esfuerzo y confianza siempre me ha apoyado en la búsqueda de mis sueño y felicidad.

Agradecimientos

A mi familia, por el apoyo en esta etapa de formación profesional.

A las docentes Sandra Bibiana Muriel Ruiz y Verónica Álvarez Osorio, por sus experiencias y conocimientos y por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto aplicado.

A mi asesora de trabajo Catalina Muñoz, por su acompañamiento, dedicación y motivación en la realización del trabajo.

Al grupo de Investigación Sistemas Agrícolas Tropicales - SAT del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid por el acompañamiento y acceso a las instalaciones para el desarrollo de las diferentes labores para el cumplimiento de la propuesta.

A mis compañeros Mariana Cardona, Mariana Mercado y Juan Pablo Jiménez, por su compañía, apoyo y experiencias en el desarrollo del trabajo.

A Manuela Carvajal y Sara Ruiz por ser incondicional, brindándome su apoyo y amistad.

A Marisol Zapata, Juliana Sepúlveda y Laura Villegas, por su amistad y motivación para continuar con mi proceso.

Y a todos aquellos que hicieron parte de esta etapa.

Tabla de Contenido

	pág.
Resumen	11
Introducción	12
Objetivos	14
Planteamiento del Problema	15
Justificación	17
1. Marco Teórico	19
1.1 Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.).	19
1.1.1 Generalidades y descripción botánica.	19
1.1.2 Origen y distribución.	19
1.1.3 Descripción morfológica.	19
1.1.3.1 Hojas.	19
1.1.3.2 Flores.	20
1.1.3.4 Frutos.	20
1.1.3.5 Semillas.	20
1.1.4 Propagación.	20
1.1.5 Requerimientos.	21
1.1.6 Importancia económica.	21
1.1.7 Hongos formadores de micorrizas arbuscular (HMA) en tamarindo.	22
1.2 Hongos Formadores de Micorrizas.	23
1.2.1 Definición.	23
1.2.2 Tipos de micorrizas.	23
1.2.2.1 Ectomicorrizas.	23
1.2.2.2 Endomicorrizas.	24
1.2.2.3 Ectendomicorrizas.	24
1.3 Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (HMA).	24
1.4 Importancia de las Micorrizas.	25
2. Materiales y Métodos	27
2.1 Localización.	27
2.2 Las semillas.	28
2.3 El sustrato.	28
2.4 Inóculo micorrizal.	30
2.5 Siembra.	30
2.6 Diseño experimental.	31
2.7 Análisis estadístico.	32
2.8 Seguimiento del trabajo.	32
3. Resultados y Discusión	33
3.1 Efecto de las micorrizas en el crecimiento y desarrollo en plántulas de tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.) en la fase de almácigo.	33
3.2 Tipo de micorriza que presenta mejor asociación en plántulas de tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.) de acuerdo con las variables de crecimiento.	42

3.3 Folleto con recomendaciones para la producción de plántulas de tamarindo con la inoculación de micorrizas para el uso de los productores locales.	44
4. Conclusiones	46
5. Recomendaciones	47
Referencias	48
Anexos	52

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Localización Granja John Jairo González Torres del Politécnico Jaime Isaza Cadavid.	27
Figura 2. Semillas de tamarindo.	28
Figura 3. Tamizaje del suelo (A). Mezcla del suelo y la arena (B). Empaque en bolsas de polipropileno para esterilización (C).	29
Figura 4. Inóculos micorrizales.	30
Figura 5. Preparación bandeja de germinación (A). Siembra de semillas de tamarindo (B). Germinación de semillas (C). Trasplante de planta de tamarindo (D).	31
Figura 6. Unidad de estudio: planta de tamarindo con el sustrato y el inóculo.	31
Figura 7. Seguimiento de plantas de tamarindo.	32
Figura 8. Defoliación por hormiga arriera (<i>Atta spp.</i>).	33
Figura 9. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.	34
Figura 10. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.	35
Figura 11. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.	37
Figura 12. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.	39
Figura 13. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).	41
Figura 14. Plantas inoculadas con <i>Acaulospora</i> nivel de P de 0,03 mg/L.	43

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.	34
Tabla 2. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.	34
Tabla 3. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.	34
Tabla 4. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.	35
Tabla 5. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.	35
Tabla 6. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.	36
Tabla 7. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.	37
Tabla 8. Comparación de medias mediante LSD (Diferencia mínima significativa) para número de hojas nivel de P de 0,03 mg/L.	38
Tabla 9. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.	38
Tabla 10. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.	38
Tabla 11. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.	40
Tabla 12. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.	40
Tabla 13. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.	40
Tabla 14. Análisis de varianza para número de hojas y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).	41
Tabla 15. Comparación de medias mediante LSD (Diferencia mínima significativa) para número de hojas y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).	41
Tabla 16. Análisis de varianza para altura de planta y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).	42
Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de tallo y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).	42

Litas de Anexos

	pág.
Anexo A. Resultado análisis de suelos.	52
Anexo B. Ficha técnica Micorriza Comercial (MYCORFOS®).	53

Resumen

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) son aquellos que forman simbiosis mutualistas con las raíces de la mayoría de las especies vegetales. El efecto positivo más significativo es el mejoramiento de estado nutricional de las plantas, ya que las hifas de estos hongos se extienden en el suelo y pueden absorber y transferir nutrientes hacia las raíces. En ese sentido, la mayor captación de nutrientes, particularmente los poco móviles como el P, se logra ampliando el volumen de suelo explorado y alcanzando zonas donde los nutrientes se encuentran disponibles. El tamarindo es una especie vegetal de gran importancia en los municipios del occidente cercano antioqueño. De este frutal muchas familias de la zona obtienen ingresos con la transformación de la pulpa de estos frutos. Estos árboles se encuentran dispersos, y en algunos casos en arreglos silvopastoriles. A pesar de su impacto cultural y económico en estas comunidades rurales, el tamarindo no recibe un buen manejo y acompañamiento agronómico, por lo que la producción no está bien orientada y no se logra aun el potencial del cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos sobre el crecimiento de plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en vivero en el occidente cercano antioqueño. Los ensayos en la etapa de vivero se realizaron en la Granja John Jairo González del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, en el municipio de San Jerónimo Antioquia. Se realizó un diseño completamente al azar con tres (3) tipos de inóculo micorrizal (*Glomus*, *Acaulospora*, Micorriza Comercial ((mezcla con los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*)) y el control (Sin Micorriza), dos (2) niveles de fosforo de 0,03 mg/L y 0,2 mg/L, con diez (10) repeticiones para un total de ochenta (80) plantas de tamarindo. Se evaluaron las variables de crecimiento y desarrollo: número de hojas, altura de la planta y diámetro de tallo durante 21 semanas.

En conclusión, la aplicación de micorrizas en la etapa de vivero en la producción de plántulas de tamarindo tiene un efecto positivo sobre la variable número de hojas y esto a su vez, sobre el crecimiento y desarrollo. Este resultado, es de gran utilidad y se plantea como una alternativa para el manejo agronómico del tamarindo en la zona.

Palabras Claves: Biótrofos, hongos micorrízicos arbusculares, inóculo, nutricional, simbiosis, suelo.

Introducción

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres. Esta asociación simbiótica entre el hongo y la planta, actúa como un complemento de la raíz de la planta en la toma de nutrientes, especialmente en la absorción de P, aumento de la tolerancia a condiciones de estrés abiótico, mejoramiento de la calidad del suelo, fijación de N₂ y aumento en la diversidad y productividad de las plantas (Barrera, 2009).

Los HMA permite a la planta usar de manera más eficiente los nutrientes del suelo, razón por la cual se pueden reducir los problemas de contaminación de este por el exceso de fertilizantes químicos (Barrera, 2009).

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es una planta de gran importancia económica en la región del occidente cercano antioqueño incluye los municipios de San Jerónimo, Sopetrán y Santafé de Antioquia y tiene buena comercialización con los turistas que visitan la zona. Estos árboles se encuentran dispersos en caminos, potreros, huertos o patios traseros en casas y en general, reciben poco manejo agronómico. Debido al poco manejo agronómico que reciben estos árboles, y a la gran importancia de las micorrizas en la agricultura, especialmente en aspectos de productividad, nutrición vegetal especialmente en la absorción del P, se plantea como una alternativa para el manejo del tamarindo si se presenta una asociación simbiótica entre estas.

El tamarindo es de los pocos frutos tropicales que presenta un bajo contenido de agua y como consecuencia, tiene un elevado contenido de proteína, carbohidratos y minerales, su pulpa es utilizada ampliamente para la elaboración de confitería, y en diferentes preparaciones como gelatinas, mermeladas, jugos, bebidas, condimentos, entre otros (Páez et al, 2016).

De acuerdo con Agronet (2019) los departamentos de Antioquia y Atlántico son los productores de tamarindo en Colombia, aunque entre 2016 y 2019 solo se ha registrado la producción tamarindo de Antioquia con 53 toneladas.

El trabajo se llevó a cabo en la Granja John Jairo González Torres del Politécnico Jaime Isaza Cadavid, ubicada en el municipio de San Jerónimo donde se evaluó el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos sobre el crecimiento de plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en vivero en el occidente cercano antioqueño. Mediante un diseño completamente al azar con tres (3) tipos de inóculo micorrizal (*Glomus*, *Acaulospora*, Micorriza Comercial) y el

control (Sin Micorriza), dos (2) niveles de fosforo de 0,03 mg/L y 0,2 mg/L, con diez (10) repeticiones para un total de ochenta (80) plantas de tamarindo. Se realizó mediciones periódicas de las variables de crecimiento como altura de la planta, número de hojas, diámetro de tallo durante 21 semanas. Donde el inóculo *Acaulospora* en el nivel de P de 0,03 mg/L tuvo un efecto positivo sobre la variable número de hojas, y repercute positivamente sobre el crecimiento y desarrollo del tamarindo y se consolida como una alternativa de manejo agronómico para este frutal.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos sobre el crecimiento de plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en vivero en el occidente cercano antioqueño.

Objetivos Específicos

Estimar el efecto de las micorrizas en el crecimiento y desarrollo en plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en la fase de almácigo.

Identificar el tipo de micorriza que presenta mejor asociación en plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) de acuerdo con las variables de crecimiento.

Elaborar un folleto con recomendaciones para la producción de plántulas de tamarindo con la inoculación de micorrizas para el uso de los productores locales.

Planteamiento del Problema

La región del occidente cercano antioqueño comprende los municipios de San Jerónimo, Sopetrán y Santa Fe de Antioquia, los cuales se conocen también como “La ruta del sol y de la fruta” (Ruiz 2003), debido a que el clima favorece el establecimiento de fincas de descanso y la producción de especies de importancia frutícola y artesanal; en esta región se haya el uso de suelo en especies promisorias como el tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Esta especie es apreciable debido a su poco requerimiento en manejo y por lo que es muy requerida por distribuidores de frutas.

El tipo de suelo donde prospera este fruto se caracteriza por presentar un pH ácido, alto contenido de arcillas material orgánico en niveles medios, drenaje deficiente y niveles bajos de fósforo soluble aprovechables para las plantas, que pueden ser limitantes para el desarrollo y la productividad del cultivo.

La baja reserva de fósforo en estos suelos afecta el crecimiento de *Tamarindus indica* L., debido a que sus hojas y flores posee altas concentraciones de este elemento, reportándose valores de 140 mg de fósforo en las hojas y 45.6 mg en las flores, por cada 100 gramos (Pérez Hernández, 2016). Teniendo en cuenta lo anterior, se evaluó el efecto de micorrizas de los géneros *Glomus* y *Acaulospora*, y un producto comercial de micorrizas en plántulas de tamarindo en vivero, en el occidente cercano antioqueño, como posibles opciones para aumentar la eficacia en el aprovechamiento de los nutrimentos del suelo, en especial del fósforo, y mejorar el crecimiento del tamarindo.

Los hongos formadores de micorriza se manifiestan como un prometedor insumo microbiológico para los cultivos sostenibles. Su repercusión en el funcionamiento de los entornos y su condicionamiento como “abono” biológico, son fundamentos suficientes para tenerlos en cuenta como uno de los elementos más valiosos de la variedad biológica del suelo. El interés por la micorriza se debe a su enorme potencial en suelos tropicales, que usualmente exhiben baja disponibilidad de P (Fabio A. Blanco & Eduardo A. Salas, 1997), donde los hongos micorrízicos podrían servir como un bioinsumo agrícola no contaminante y de bajo costo. Dentro

de las principales funciones de las micorrizas se encuentra el incrementar la superficie de absorción del sistema radicular de las plantas, ayudando a una mejor absorción de agua y nutrientes (Garzón, 2015), además de favorecer la conservación y permanencia de la diversidad de los entornos naturales, y aminorar la tensión biótica o abiótica que perturba la adaptación de las plantas en los lugares en que crecen.

Justificación

Esta propuesta se realiza como un producto derivado del macroproyecto Estudio de dependencia micorrizal de zapote (*Matisia cordata* Bonpl.) y tamarindo (*Tamarindus indica* L.) liderado por el grupo de Investigación de Sistemas Agrícolas Tropicales (SAT) del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, que en una de sus líneas se ha interesado por los frutales del occidente antioqueño y sus familias, que busca el conocimiento de las prácticas desarrolladas por los productores y plantear nuevas estrategias, para contribuir al posicionamiento de prácticas sostenibles en la producción de estos frutales.

Con la realización de esta propuesta, basándose en el anterior trabajo y bajo las condiciones de esta zona, se considera importante conocer la relación del tamarindo (*Tamarindus indica*) con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), los cuales pueden proveer el acceso de los nutrientes a las plantas, a través de procesos de adherencia, solubilización y descomposición (Garzón, 2015); situación que mejoraría características productivas en los árboles de la región.

Además, los HMA podrían disminuir el tiempo en la etapa de vivero, y mejorar el desarrollo y la resistencia de las plántulas de *Tamarindus indica*. Los hongos micorrízicos permiten impulsar y estimular el crecimiento del tamarindo, como lo reportan Reena & Bagyaraj (1990), en un estudio en el que se evaluaron 13 diferentes especies de hongos micorrízicos arbusculares inoculados en semillas de *Tamarindus indica*, obteniendo en las plantas tratadas mayor altura, número de hojas, circunferencia del tallo, biomasa y contenido de fosfatos, en este estudio las plántulas de tamarindo respondieron mejor a la inoculación con *Gigaspora margarita* seguido de *Glomus fasciculatum*; estos resultados coinciden con lo expuesto por Waddar & Lakshman (2010), quienes encontraron que, los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) mejoraron el crecimiento de plantas de *Tamarindus indica* y *Azadirachta indica*, las plántulas de tamarindo tratadas con micorrizas presentaron a los 180 días de la inoculación un mayor peso seco de la raíz y una mayor área foliar en comparación con las plantas control sin inoculación, el área foliar de las plantas control fue de 17.58 cm² mientras que en las plantas con HMA fue de 28.72 cm². Por su parte, Guissou (2009) reportó que, la inoculación del hongo micorrízico

arbuscular *Glomus aggregatum* en semillas de *Tamarindus indica* y *Ziziphus mauritiana* incrementó la producción de biomasa y la altura de las plántulas. Igualmente, Arcos (2015) encontró varios géneros como *Acaulospora*, *Glomus*, *Claroideoglomus*, *Paraglomus*, *Scutellospora*, asociados y colonizando raíces de tamarindo en la región de estudio de este proyecto.

Haciendo referencia a estos hongos, no siempre pueden estar presentes en el suelo, los HMA pueden ser escasos o estar en suelos que por sus características fisicoquímicas no permiten el desarrollo de una simbiosis adecuada; por ello, la eficacia de la micorriza podría ser amplificada por manejo formativo de los hongos nativos del suelo en una zona geográfica, o por la inoculación de HMA y la evaluación de la respuesta micorrizal con la especie y el ambiente particular. Para este caso en *T. indica* previo a la siembra, la utilización de micorrizas podría permitir que las plántulas se instauren rápidamente y no caducar los nutrientes del suelo.

Se espera conocer el efecto de las micorrizas sobre el *T. indica* en la región estudiada. De esta manera, contribuir en la formulación de estrategias para mejorar el manejo de este cultivo tradicional de forma sostenible con estrategias de fertilización amigables con el medio ambiente.

1. Marco Teórico

1.1 Tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

1.1.1 Generalidades y descripción botánica.

De acuerdo con Bhadoriya, Ganeshpurkar, Narwaria, Rai & Jain (2011) la clasificación taxonómica es:

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Caesalpinioideae

Género: *Tamarindus*

Especie: *T. indica* L.

1.1.2 Origen y distribución.

El tamarindo se considera originario de la India, Medio Oriente o África. Sin embargo, algunas fuentes hacen mención que proviene de países como Etiopía (pueblos indígenas de las sabanas), Sudán, Kenia y Tanzania (Páez-Peñuñuri, Mercado-Mercado, Blancas-Benitez, Villegas-González, & Sáyago-Ayerdi, 2016). Aunque, en algunos reportes señalan que el tamarindo es originario de la India, debido a que su nombre se deriva de la palabra árabe "tamare" = dátil e "hindr" = Hindú, que significa dátil de la India (Orozco-Santo, 2001).

1.1.3 Descripción morfológica.

El tamarindo es un árbol de lento crecimiento, gran porte y en condiciones óptimas puede alcanzar alturas entre los 24 a 30 metros. El tronco es corto, grueso y recto y puede presentar fisuras a lo largo del tronco y ramas principales (Orozco-Santo, 2001). Se caracterizan por tener una copa redondeada, extendida y abierta, con follaje denso, ramas bajas y una cobertura de 6 a 10 m. Posee un sistema radicular pivotante, extenso y profundo, por lo que resiste fuertes vientos y condiciones de sequía (Silva & Lucatero, 2006, Orozco-Santo, 2001).

1.1.3.1 Hojas. Hojas de color verde pálido a oscuro, alternas y paripinnadas, miden de 5 a 15 cm de largo; con 10 a 20 pares de foliolos (Silva & Lucatero, 2006), estas son sésiles o subsésiles,

obtusos, oblongos y opuestos y miden de 1 a 2,5 cm de largo por 0,5 cm de ancho. En condiciones de clima fresco y húmedo, los foliolos se cierran después del atardecer y permanecen cerrados durante la noche (Orozco-Santo, 2001).

1.1.3.2 Flores. Las flores son hermafroditas, se presentan en racimos cortos, axilares o terminales, de 5 a 10 cm. de largo por 2.2 cm. de diámetro, en inflorescencias de 8 a 14 flores por racimo. Los botones florales son de color vistoso (blancos, rojos o rosas); el cáliz presenta cuatro sépalos y la corola presenta cinco pétalos, las flores tienen tres estambres fértiles y un pistilo (Silva & Lucatero, 2006).

1.1.3.4 Frutos. El tamarindo es una vaina indehiscente (permanece cerrada cuando madura), oblonga o linear, algo comprimida lateralmente y comúnmente curvada (Silva & Lucatero, 2006), de color café, de 6 a 20 cm de longitud y de 3 a 4 cm de ancho, en periodo de maduración las vainas se tornan de un ligero color pardo con epicarpio quebradizo, conteniendo varias semillas usualmente de 3 a 10 envueltas por una pulpa fibrosa de color café oscuro (Páez-Peñuñuri *et al.*, 2016).

1.1.3.5 Semillas. Las semillas son ovaladas, comprimidas lateralmente, lisas, con la testa café lustrosa, de 1 cm. de largo y unidas entre sí; carecen de endospermo como reserva nutritiva, presentan un par de cotiledones gruesos y la radícula es pequeña y recta. Las semillas germinan de 5 a 10 días después de la siembra (Silva & Lucatero, 2006).

1.1.4 Propagación. Existen dos métodos de propagación del tamarindo: el sexual o por semilla y el asexual o por injerto (Orozco-Santo, 2001). Por medio de la propagación sexual, se obtiene poblaciones heterogéneas de gran porte, rendimiento irregular, calidad variable y diferencias para iniciar la producción de fruta. A través de la asexual, se seleccionan individuos sobresalientes y de buena adaptación a la zona, por lo que este material debe ser de árboles productivos, de bajo índice de alternancia y de buena calidad de frutos y por este último método, se tiene la ventaja inicia producción en menos tiempo comparado por la reproducción por medio de semillas.

1.1.5 Requerimientos.

El tamarindo es un cultivo de fácil adaptación, resistente a la sequía y no tolera las heladas (Viveros García et al., 2012). El tamarindo se ha adaptado a regiones con clima cálido semiseco, sin embargo, también prospera en climas cálido-húmedos, no obstante, en zonas con temporadas de precipitación prolongada, los árboles tienden a crecer de manera pobre y por lo general no producen fruta. Se desarrolla en zonas con rangos de precipitación de los 500 a los 1500 mm anuales; y a alturas desde el nivel del mar con más de 30 °C, hasta altitudes de 1,500 m. con un promedio de 20 °C (Silva & Lucatero, 2006).

Prospera en gran diversidad de suelos; sin embargo, su mejor desarrollo se logra en aluviales profundos, con buen drenaje, de textura arcillosa o arenosa y con un pH de 6.5 a 7.5. También se desarrolla bien en suelos relativamente pobres y en terrenos pedregosos y calcáreos, siempre y cuando sea manejado con aplicaciones de fertilizante y riegos durante la época seca (Orozco-Santo, 2001).

1.1.6 Importancia económica.

El tamarindo es de los pocos frutos tropicales que presenta un bajo contenido de agua y como consecuencia, tiene un elevado contenido de proteína, carbohidratos y minerales. La pulpa es utilizada ampliamente para la elaboración de confitería, en la preparación de polvo para gelatinas, mermeladas, así como en la elaboración de jugos, bebidas, condimentos, entre otros (Páez *et al*, 2016).

Los productos derivados del tamarindo tienen una gran diversidad de aplicaciones; su madera es utilizada en el medio rural para la fabricación de implementos de labranza, utensilios de cocina, leña y carbón vegetal; además, por sus propiedades culinarias se usa en diferentes preparaciones, así como en la obtención de dulces y bebidas refrescantes; sobresaliendo el tamarindo por su utilización en la medicina tradicional (Silva & Lucatero, 2006).

De acuerdo con Agronet (2019) los departamentos de Antioquia y Atlántico son los productores de tamarindo en Colombia, aunque entre 2016 y 2019 solo se ha registrado la producción tamarindo de Antioquia con 53 toneladas.

En la región del occidente cercano antioqueño el cultivo de tamarindo se destaca como una planta de gran importancia económica, ya que tiene buena comercialización con los turistas de esta zona, en forma de dulces elaborados artesanalmente. Este árbol, se encuentra en algunas fincas como arreglo silvopastoril, aunque también se observa como árboles dispersos en caminos, potreros, huertos o patios traseros en casas urbanas que se cosechan y reciben poco manejo. Además, se identificó como una especie introducida (Alvarez, Muriel, & Osorio, 2015).

1.1.7 Hongos formadores de micorrizas arbuscular (HMA) en tamarindo.

Los hongos micorrícicos permiten impulsar y estimular el crecimiento del tamarindo, como lo reportan Reena & Bagyaraj (1990), en un estudio en el que se evaluaron 13 diferentes especies de hongos micorrícicos arbusculares inoculados en semillas de *Tamarindus indica*, obteniendo en las plantas tratadas mayor altura, número de hojas, circunferencia del tallo, biomasa y contenido de fosfatos, en este estudio las plántulas de tamarindo respondieron mejor a la inoculación con *Gigaspora margarita* seguido de *Glomus fasciculatum*.

También, Waddar & Lakshman (2010), encontraron que, los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) mejoraron el crecimiento de plantas de *Tamarindus indica* y *Azadirachta indica*, las plántulas de tamarindo tratadas con micorrizas presentaron a los 180 días de la inoculación un mayor peso seco de la raíz y una mayor área foliar en comparación con las plantas control sin inoculación, el área foliar de las plantas control fue de 17.58 cm² mientras que en las plantas con HMA fue de 28.72 cm². Por su parte, Guissou (2009) reportó que, la inoculación del hongo micorrízico arbuscular *Glomus aggregatum* en semillas de *Tamarindus indica* y *Ziziphus mauritiana* incrementó la producción de biomasa y la altura de las plántulas.

Igualmente, Arcos (2015) encontró varios géneros como *Acaulospora*, *Glomus*, *Claroideoglomus*, *Paraglomus*, *Scutellospora*, asociados y colonizando raíces de tamarindo en la región de estudio de este proyecto. Otro estudio realizado por Jiménez (2019) en el occidente cercano antioqueño, encontró que al inocular el tamarindo con una micorriza comercial (mezcla de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*) presentó mayores valores en las variables de crecimiento y desarrollo, como número de hojas, altura de la planta, peso seco de raíces y peso seco aéreo.

1.2 Hongos Formadores de Micorrizas.

1.2.1 Definición.

La palabra micorriza se deriva del griego *myco*, que significa hongo, y *rhiza*, que hace referencia a las raíces de las plantas, define la asociación simbiótica, mutualistas, no patógenas, entre raíces de plantas y micelios de hongos, en las que ambos resultan beneficiados (Honrubia, 2009). Además, este término da cabida a la asociación que no se establece en raíces, sino en otros órganos de contacto, especializados para el intercambio de nutrientes. Es una simbiosis formada entre los órganos de absorción sanos: raíces, rizomas, tallos, de la mayoría de las plantas, ya sean terrestres, epifitas y muchas acuáticas (Sánchez, 2007).

El carácter heterótrofo de los hongos les condiciona a obtener su fuente carbonada a partir de otros organismos. Los hongos micorrícicos reciben directamente de las plantas los azúcares que precisan para desarrollarse. A cambio captan del suelo y ceden a sus hospedantes vegetales los nutrientes minerales y el agua que éstos necesitan para crecer (Honrubia, 2009).

1.2.2 Tipos de asociación micorrízicas.

Se reconocen distintos tipos de micorrizas, en función de las especies fúngicas y vegetales que establecen la asociación y en función de su estrategia nutricional, que posibilita una penetración intracelular, o no, por parte del hongo dentro de las células corticales de la raíz del vegetal. En cualquier caso, en todos los tipos de micorrizas, se establece una interfase de contacto íntimo entre hifas y células vegetales, donde se produce el intercambio de nutrientes de manera bidireccional (Honrubia, 2009). Los dos principales grupos corresponden a las ectomicorrizas y endomicorrizas, y , un grupo intermedio denominado ectendomicorrizas (Sánchez, 2007).

1.2.2.1 Ectomicorrizas. Es una interacción en la que las hifas de un hongo penetran las raíces secundarias de la planta para desarrollarse, rodeando las células de la corteza radical, y forman una trama intercelular denominada red de Hartig, además de una capa de micelio (conjunto de hifas que constituyen el cuerpo o talo del hongo) en la parte exterior de la raíz, llamada manto (Andrade, 2010).

Las ectomicorrizas (ECM por sus siglas en inglés) las que las hifas no penetran las células de la epidermis de la raíz. Las ECM en particular, mejoran la absorción de nutrientes inorgánicos, permiten el uso de nutrientes orgánicos y pueden proteger a la planta de altas concentraciones de metales pesados y de patógenos. La simbiosis ectomicorrízica es un componente esencial de la mayoría de las comunidades forestales (Garibay-Orijel, Morales-Marañón, Domínguez-Gutiérrez, & Flores-García, 2013).

1.2.2.2 Endomicorrizas. Es uno de los tipos de asociación más extendidos en la naturaleza, y también se le conoce como micorriza orbicular, formada por ciertos zigomicetos, los cuales no desarrollan red de Hartig y colonizan intracelularmente la corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de intercambio de nutrientes entre la célula vegetal y el huésped.

Algunos géneros de estos hongos forman también otro tipo de estructuras llamadas vesículas, que están presentes intercelularmente en la corteza de la raíz y se consideran reservorios de nutrientes para el hongo. La presencia tanto de arbusculos como de vesículas dio lugar a que la simbiosis se conociera originalmente como vesículo-arbuscular (VA), sin embargo, no todas las especies de hongos forman vesículas, por lo que en la actualidad la asociación se conoce como micorriza arbuscular (MA) (Aguilera Gómez, Olalde Portugal, Rubí Arriaga, & Contreras Alonso, 2007).

1.2.2.3 Ectendomicorrizas. Este tipo de micorriza es especial, pues presenta características de las ectomicorrizas (red de Hartig y manto), pero simultáneamente presenta un cierto grado de penetración intracelular, como en las endomicorrizas. En algunos casos no se forma el manto, pero siempre la red de Hartig (Andrade, 2010).

1.3 Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (HMA).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), los cuales forman simbiosis mutualistas con las raíces de la mayoría de las especies vegetales. En estas

asociaciones simbióticas se genera un movimiento bidireccional de nutrientes donde el carbono fluye hacia el hongo y los nutrientes inorgánicos se mueven hacia la planta. Los hongos que forman estas asociaciones son biótrosos obligados y se encuentran ubicados dentro del phylum *Glomeromycota* (Schalamuk, Druille, & Cabello, 2013).

El efecto positivo más significativo es el mejoramiento de estado nutricional de las plantas, ya que las hifas de estos hongos se extienden en el suelo y pueden absorber y transferir macro y micronutrientes hacia las raíces. En ese sentido, la mayor captación de nutrientes, particularmente los poco móviles como el P, se logra ampliando el volumen de suelo explorado y alcanzando zonas donde los nutrientes se encuentran disponibles. Además, otros beneficios son el incremento en la resistencia a parásitos de raíces, mayor tolerancia a la sequía y las reducciones del impacto de estreses ambientales (Schalamuk, Druille, & Cabello, 2013).

1.4 Importancia de las Micorrizas.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan (Barrera, 2009). Dentro de sus funciones está el aumento de superficie de absorción de la raíz, por medio de un sistema de hifas extrarradicales (Garzón, 2015). Esta simbiosis aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, el potasio, el calcio, el zinc, el magnesio y especialmente el fósforo; mejora el transporte y la absorción de agua en el vegetal, así como la resistencia de la planta huésped a la sequía, contrarresta el ataque de patógenos y puede estimular los mecanismos de defensa de la planta (Noda, 2009).

Desde el punto de vista nutricional, el crecimiento de la planta debido al aumento en la absorción de P es el principal beneficio que obtiene del HMA, por la baja disponibilidad de este elemento, característico en los suelos tropicales (Barrera, 2009).

Las micorrizas tienen múltiples beneficios que se originan debido a la simbiosis en los diferentes hospederos, especialmente en aspectos de productividad, nutrición vegetal y

sustitución de fertilizantes, lo cual ha permitido determinar el potencial de uso de estos microorganismos en sistemas de producción convencional o en sistemas de producción limpia (Perez, Rojas, & Montes, 2011).

A nivel mundial, se han reportan múltiples experiencias acerca de los beneficios de las micorrizas arbusculares (HMA) sobre especies frutales donde frecuentemente se compara el crecimiento de plantas micorrizadas con no micorrizadas, y estas diferencias son atribuidas a una mayor absorción de nutrientes, mayores niveles en la producción de hormonas y mayores contenidos de clorofila. Estas diferencias se han observado en especies tropicales de árboles y arbustos (Ballesteros, Unigarro, Rosero, & Solarte, 2004).

Además, los HMA permiten a la planta usar de manera más eficiente los nutrientes del suelo, razón por la cual se pueden reducir los problemas de contaminación por el exceso de fertilizantes químicos, si hay una reducción en la aplicación de estos (Barrera, 2009).

2. Materiales y Métodos

2.1 Localización.

El trabajo se realizó en la Granja John Jairo González Torres del Politécnico Jaime Isaza Cadavid, ubicada en el municipio de San Jerónimo (Figura 1), Antioquia a 780 msnm, temperatura media de 28°C, precipitación anual media de 900 mm y 50% de HR, en bs-T. Las evaluaciones se realizaron en la etapa de vivero, con riego constante y de acuerdo con los requerimientos de las plántulas de tamarindo.

De acuerdo con el resultado del análisis de suelo de la finca productora de tamarindo ubicada en la vereda el Llano, en el municipio de Sopetrán (Anexo A) presenta las siguientes característica: textura arcillosa, pH de 6.2, materia orgánica del 8,8%, P soluble de 0,03 mg/L (baja concentración).

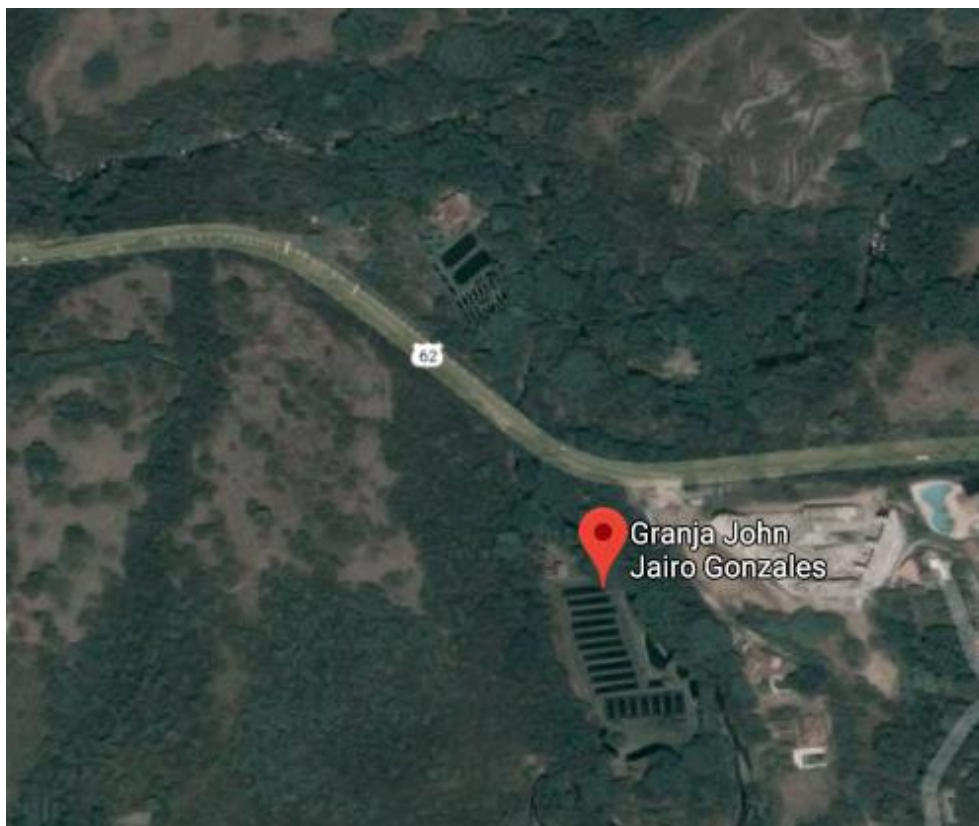


Figura 1. Localización Granja John Jairo González Torres del Politécnico Jaime Isaza Cadavid.

Fuente: GOOGLE MAPS. Vista Granja John Jairo González, San Jerónimo, 2019.

2.2 Las semillas.

La colecta de los frutos de tamarindo para la extracción de las semillas se realizó en los municipios de Santa Fe de Antioquia y Sopetrán, localizados en zona de vida de bosque seco tropical (bs-T), a una temperatura media de 27,6°C, precipitación anual media de 1.097 mm y humedad ambiental media de 73,2%.

Las semillas fueron obtenidas de frutos con madurez fisiológica, empacados en bolsas Ziploc debidamente rotulados, llevados a la Granja, y almacenados a temperatura ambiente para su posterior siembra (Figura 2).



Figura 2. Semillas de tamarindo.

2.3 El sustrato.

El sustrato usado, estaba constituido por una mezcla de suelo y arena, en una relación de 70:30 respectivamente. El suelo fue obtenido en una finca productora tamarindo del municipio de Sopetrán, vereda El Llano. Al suelo se le realizó un análisis de fertilidad (Anexo A) para conocer sus características fisicoquímicas, especialmente la disponibilidad de P. Posteriormente, el suelo fue pasado por un tamiz con el fin de eliminar piedras y otros elementos presentes y se empacó en bolsas de polipropileno para esterilizar en autoclave vertical por 2 ciclos a 121 °C

durante 1 hora. Luego el sustrato estéril se empacó en bolsas de vivero de 40 x 11 cm con aproximadamente 3 kg de peso cada una (Figura 3). Para la evaluación de los niveles de P, el suelo se encontraba a una concentración de 0,03 mg/L y fue usado para llenar 40 bolsas, y a la mitad de las bolsas restantes (40 bolsas), se adicionó suelos más 1,35 g de HK_2PO_4 por bolsa para obtener una concentración de 0,2 mg/L de P en el suelo. Esta concentración, fue tomada como referencia de estudios de dependencia micorrizal (DM) según lo propuesto por Habte y Manjunath (1991) basada en la respuesta de las plantas a la colonización micorrizal usando dos concentraciones críticas de P en la solución del suelo (óptima: 0,02 mg/L e inhibitoria: 0,2 mg/L de P) y nivel también, recomendado por el laboratorio Biofertilizar para investigaciones de este tipo.



Figura 3. Tamizaje del suelo (A). Mezcla del suelo y la arena (B). Empaque en bolsas de polipropileno para esterilización (C).

2.4 Inóculo micorrizal.

Se usó inóculos puros de los géneros *Glomus* (concentración de 500 esporas/gramo) y *Acaulospora* (concentración de 340 esporas/gramo), y una mezcla comercial de micorrizas MYCORFOS® (concentración mínima de 230 esporas/gramo con los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*) (Anexo B) adicionando al momento de la siembra (trasplante a bolsas de vivero) 15 g por bolsa de cada tipo de inóculo, mezclando de manera uniforme cada unidad (Figura 4). Además, se contó con el montaje de un testigo con suelo no inoculado.

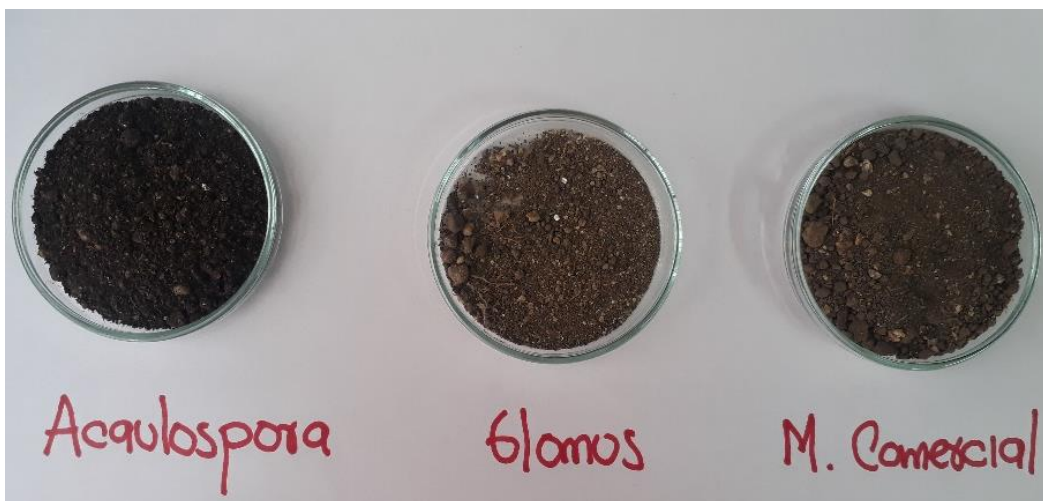


Figura 4. Inóculos micorrizales.

2.5 Siembra.

Las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% durante cinco minutos. Luego se colocaron en bandejas plásticas limpias con arena estéril a temperatura ambiente hasta su germinación con riego constante para favorecer el proceso. Cuando las plántulas alcanzaron una altura aproximada de 10 cm de longitud fueron trasplantadas a las bolsas de vivero con el sustrato estéril y los diferentes tipos de inóculos (Figura 5).



Figura 5. Preparación bandeja de germinación (A). Siembra de semillas de tamarindo (B). Germinación de semillas (C). Trasplante de planta de tamarindo (D).

2.6 Diseño experimental.

Se realizó un diseño completamente al azar con tres (3) tipos de inóculo micorrizal (*Glomus*, *Acaulospora*, Micorriza Comercial) y el control (Sin Micorriza), dos (2) niveles de fósforo de 0,03 mg/L y 0,2 mg/L, con diez (10) repeticiones para un total de ochenta (80) plantas de tamarindo. Cada unidad experimental estuvo conformada por una bolsa de vivero con suelo y una plántula de tamarindo (Figura 6).



Figura 6. Unidad experimental: plántula de tamarindo con el sustrato.

2.7 Análisis estadístico.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza, mediante Modelos Lineales Generalizados (GLM por sus siglas en inglés), para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizó un nivel de significancia ($P \leq 0,05$) mediante el software estadístico Statgraphics Centurion XVI ®.

2.8 Seguimiento del trabajo.

Se realizaron mediciones periódicas de las variables de crecimiento como Altura de la planta (AP), Número de hojas (NH), Diámetro de tallo (DT) (Figura 7). La altura de la planta se obtuvo mediante el uso de una regla tomando la longitud desde la base del tallo hasta la yema terminal y el diámetro usando un pie de rey digital. Los datos se tomaron desde el momento del trasplante a las bolsas de vivero hasta la semana 21 (Figura 7), tomando como referencia estudios de Jiménez (2019) sobre dependencia micorrizal en zapote y tamarindo en el occidente cercano antioqueño.



Figura 7. Seguimiento de plantas de tamarindo.

3. Resultados y Discusión

En la semana diez (10) de evaluación del experimento, se presentó un ataque de hormiga arriera (*Atta spp.*) las cuales defoliaron el área foliar de todo el experimento de forma homogénea en todos los tratamientos y en los dos (2) niveles de fósforo (Figura 8), por lo que se suspendieron las mediciones de las variables de crecimiento seleccionadas. En la semana once (11) se evidenció recuperación de las plantas con la emisión de nuevos brotes foliares y retomando así las mediciones en la semana quince (15).



Figura 8. Defoliación por hormiga arriera (*Atta spp.*).

3.1 Efecto de las micorrizas en el crecimiento y desarrollo en plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) en la fase de almácigo.

Después de evaluar las variables de crecimiento y desarrollo en las plántulas de tamarindo con los dos (2) niveles de fosforo y comparar entre los inóculos *Acaulospora*, *Glomus*, Micorriza Comercial y el testigo (Sin Micorriza), se obtuvo lo siguiente:

En la semana ocho (8), antes de la defoliación ocasionada por la hormiga arriera, para el nivel de P de 0,03 mg/L, el análisis de varianza arrojó que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos y las variables número de hojas ($p = 0,2153$), altura de la planta ($p = 0,1438$) y diámetro de tallo ($p = 0,8312$) (Figura 9, Tablas 1, 2 y 3).

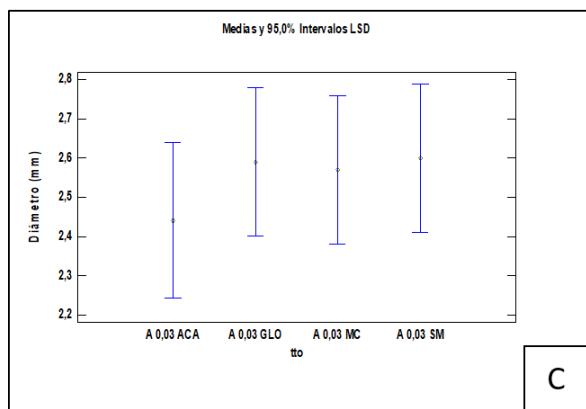
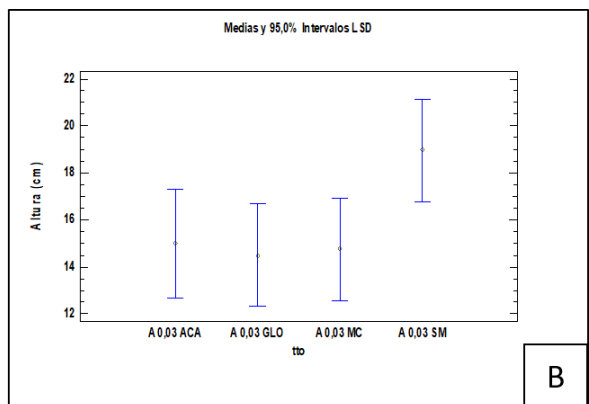
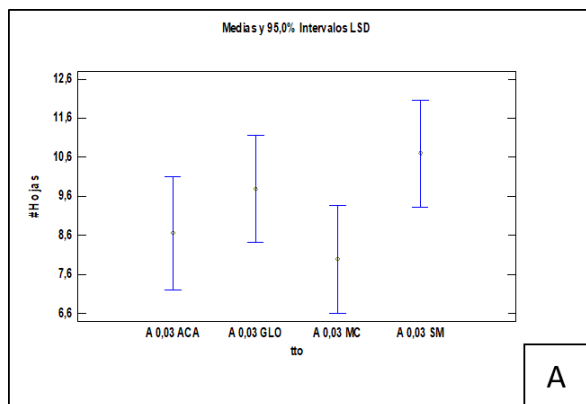


Figura 9. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.

Tabla 1. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	42,6077	3	14,2026	1,56	0,2153
Residuo	317,7	35	9,07714		
Total (Corr.)	360,308	38			

Tabla 2. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	134,148	3	44,7161	1,92	0,1438
Residuo	813,826	35	23,2522		
Total (Corr.)	947,974	38			

Tabla 3. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,03 mg/L antes de la defoliación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	134,148	3	44,7161	1,92	0,1438

Residuo	813,826	35	23,2522
Total (Corr.)	947,974	38	

En el nivel de P de 0,2 mg/L, igualmente, no se evidenció diferencia estadística significativa ($p>0,05$) entre los tratamientos y las variables número de hojas ($p=0,6323$), altura de la planta ($p=0,7572$) y diámetro de tallo ($p=0,3907$) (Figura 10, Tabla 4, 5 y 6).

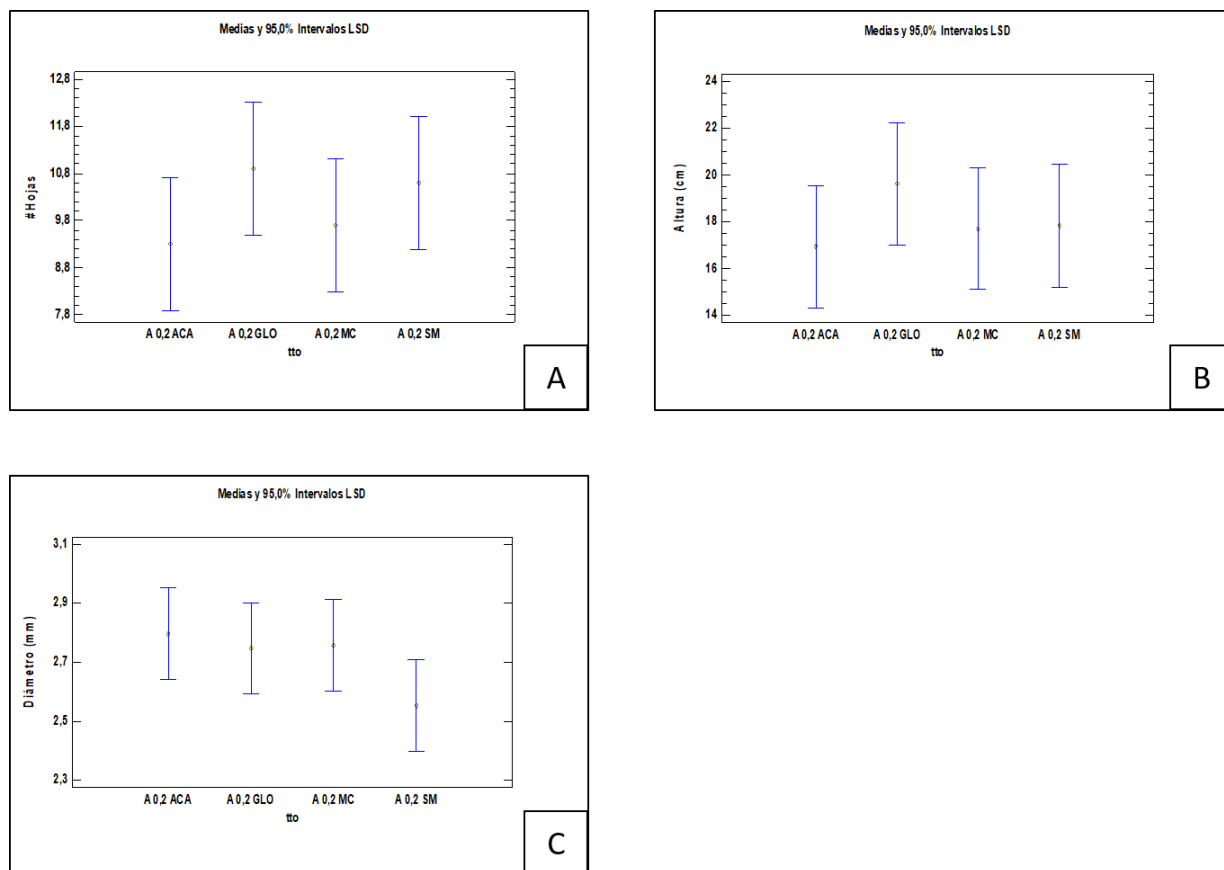


Figura 10. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.

Tabla 4. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	16,875	3	5,625	0,58	0,6323
Residuo	349,5	36	9,70833		
Total (Corr.)	366,375	39			

Tabla 5. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	39,1868	3	13,0623	0,40	0,7572
Residuo	1189,98	36	33,0551		
Total (Corr.)	1229,17	39			

Tabla 6. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,2 mg/L antes de la defoliación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,36157	3	0,120523	1,03	0,3907
Residuo	4,21054	36	0,116959		
Total (Corr.)	4,57211	39			

Posterior a la defoliación, en la semana 21 en el nivel de P de 0,03 mg/L se encontró que a las plantas a las cuales se les aplicó el inóculo de *Acaulospora* (ACA), presentaron mayor número de hojas ($p=0,0064$) comparado con los otros inóculos y el testigo (Figura 11 y Tabla 7). Para establecer la diferencia entre las medias se usó el método de comparación de medias LSD (Diferencia mínima significativa) con un nivel de confianza del 95% (Tabla 8). Además, gráficamente se observa una tendencia (medias superiores) para este mismo inóculos en las variables altura de la planta ($p=0,4306$) y diámetro de tallo ($p=0,5535$), aunque no hay diferencia estadística significativa ($p>0,05$) (Tabla 8 y 9).

Lo anterior puede indicar, que las plantas de tamarindo responden positivamente a la inoculación de micorrizas generando plantas más vigorosas y con un mayor número de hojas, que influye en la actividad fotosintética de la planta, y a su vez sobre el crecimiento y el desarrollo de estas.

Lo hallado en la investigación, coincide con los resultados de un estudio realizado por Jiménez (2019) en el occidente cercano antioqueño en la etapa de vivero, donde encontró que al inocular plantas de tamarindo con una mezcla comercial de micorrizas que contenía los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora* presentó valores superiores en las variables de crecimiento y desarrollo como número de hojas, altura de la planta, peso seco de raíces y peso seco aéreo frente a la no inoculadas.

Además, en la región de estudio de este proyecto, Arcos (2015) encontró géneros como *Acaulospora*, *Glomus*, *Claroideoglomus*, *Paraglomus*, *Scutellospora*, asociados y colonizando raíces de tamarindo.

De acuerdo con Orozco (2001), en tamarindo se han evaluado varias especies géneros de micorrizas arbusculares como *Acaulospora spinosa*, *Glomus aggregatum* y *G. maniothis*, que permiten que estas presenten una mejor absorción de fósforo (P), incrementar la densidad y longitud de pelos radicales y aumento de la biomasa.

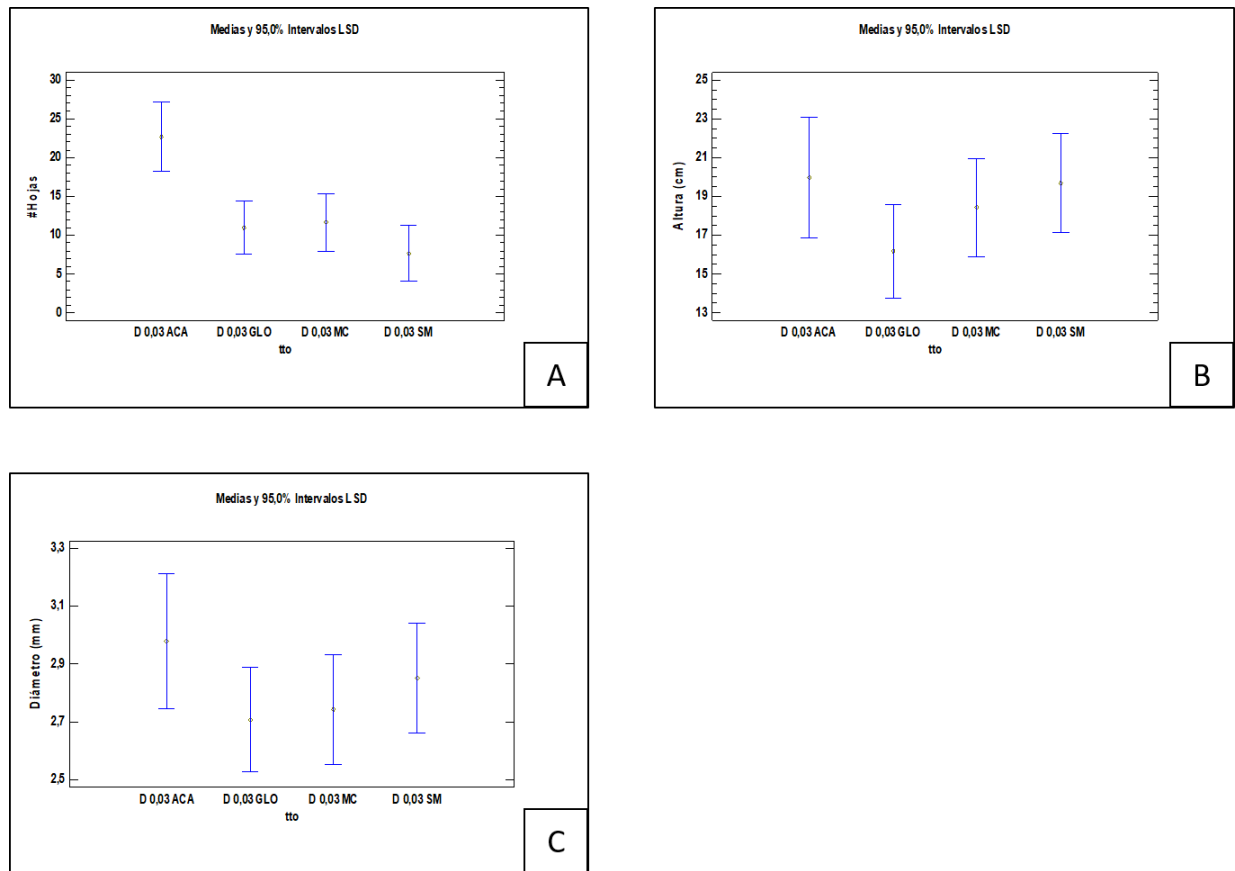


Figura 11. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.

Tabla 7. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	858,431	3	286,144	4,98	0,0064
Residuo	1723,33	30	57,4444		

Total (Corr.)	2581,76	33
---------------	---------	----

Tabla 8. Comparación de medias mediante LSD (Diferencia mínima significativa) para número de hojas nivel de P de 0,03 mg/L.

<i>tto</i>	<i>Recuento</i>	<i>Media MC</i>	<i>Sigma MC</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
D 0,03 SM	9	7,66667	2,5264	X
D 0,03 GLO	10	11,0	2,39676	X
D 0,03 MC	9	11,6667	2,5264	X
D 0,03 ACA	6	22,6667	3,0942	X

Tabla 9. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	79,0063	3	26,3354	0,95	0,4306
Residuo	834,86	30	27,8287		
Total (Corr.)	913,866	33			

Tabla 10. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,03 mg/L después de la defoliación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,332061	3	0,110687	0,71	0,5535
Residuo	4,67512	30	0,155837		
Total (Corr.)	5,00718	33			

En el nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación, no se evidenció diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos y las variables número de hojas ($p = 0,5471$), altura de la planta ($p = 0,8443$) y diámetro de tallo ($p = 0,1734$) (Figura 12, Tabla 11, 12 y 13).

De acuerdo con Barrera (2009) desde el punto de vista nutricional, el principal beneficio que obtiene la planta es el crecimiento debido al aumento en la absorción del P, gracias a la baja disponibilidad de este elemento en los suelos tropicales. Pero, si el P no es un elemento limitante en el suelo, la simbiosis entre el hongo y la planta puede ser reducida o inhibida si se encuentra en niveles altos. Por lo que, al adicionar P al suelo probablemente no se evidenció una respuesta

positiva de los inóculos en las variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en las plantas de tamarindo.

Asimismo, Sánchez, Posada, Velásquez & Narváz (2010) sostienen que los HMA tiene una amplia capacidad de adaptación a las condiciones de pH junto con el contenido de arcillas del suelo influyen en la presencia de la MA. Además, la disponibilidad de nutrientes en el suelo en forma natural o inducida por medio de la fertilización, como fosforados y nitrogenados, también son factores para tener en cuenta. Igualmente, factores como el exceso de agua en el suelo, condiciones de estrés, compactación, la temperatura influyen en el establecimiento y respuesta de las micorrizas.

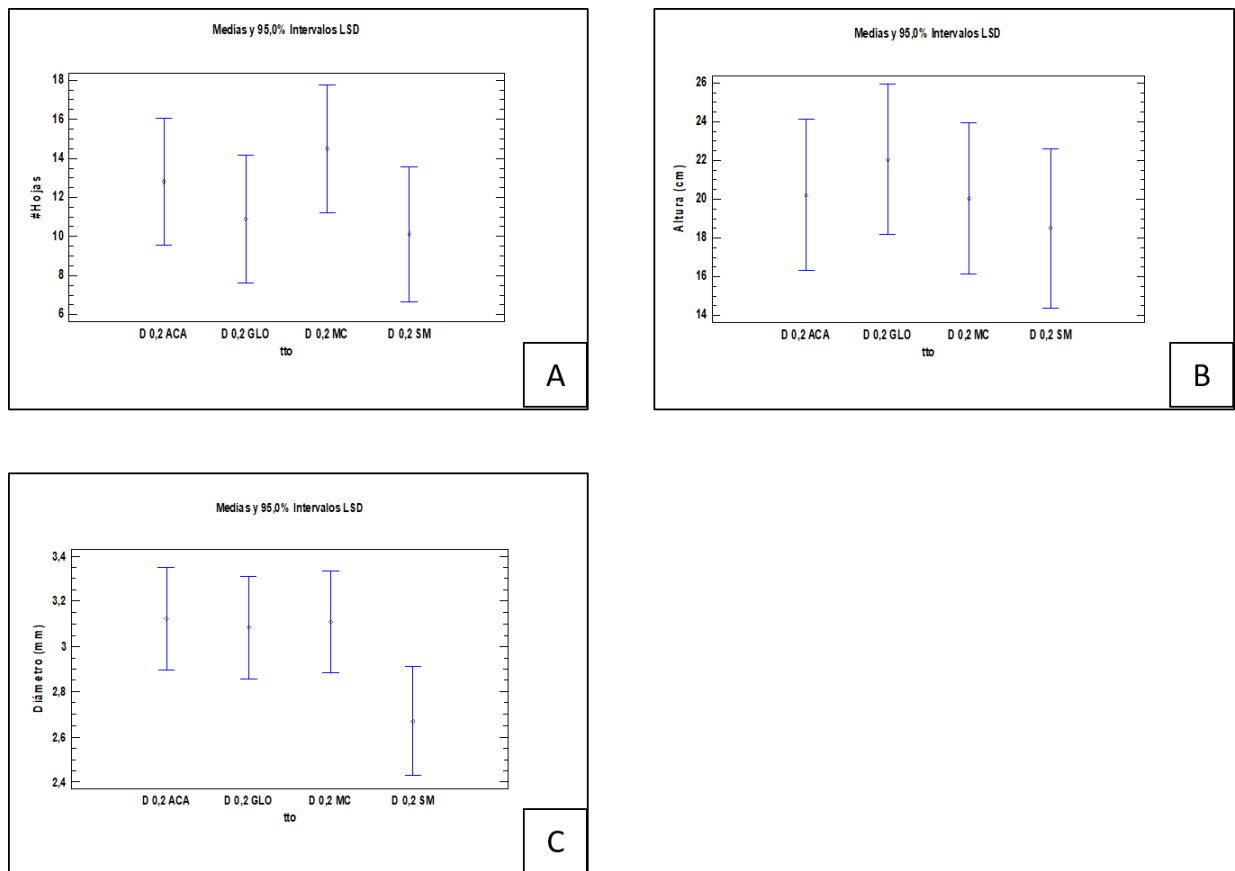


Figura 12. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.

Tabla 11. Análisis de varianza para número de hojas nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	112,47	3	37,49	0,72	0,5471
Residuo	1823,89	35	52,1111		
Total (Corr.)	1936,36	38			

Tabla 12. Análisis de varianza para altura de planta nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	60,4119	3	20,1373	0,27	0,8443
Residuo	2579,77	35	73,7076		
Total (Corr.)	2640,18	38			

Tabla 13. Análisis de varianza para diámetro de tallo nivel de P de 0,2 mg/L después de la defoliación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	1,32654	3	0,44218	1,76	0,1734
Residuo	8,80963	35	0,251704		
Total (Corr.)	10,1362	38			

Al comparar los niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L), los tratamientos (inóculos de *Acaulospora*, *Glomus* y la Micorriza Comercial) y los testigos, hubo diferencia estadística significativa en el número de hojas ($p=0,0223$) del nivel de P de 0,03 (Figura 13, Tabla 14 y 15) y para las variables altura de la planta y diámetro de tallo no hubo diferencia estadística significativa (Tabla 16 y 17).

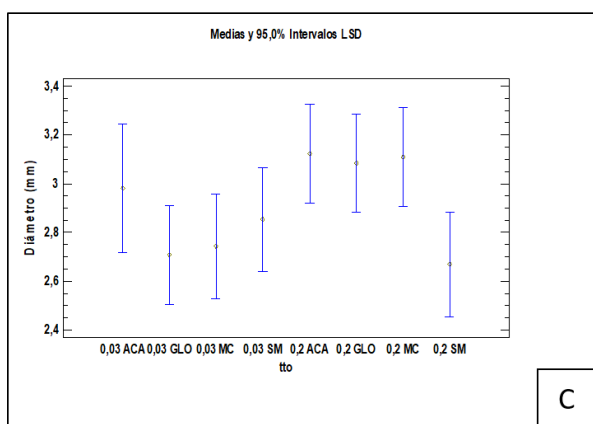
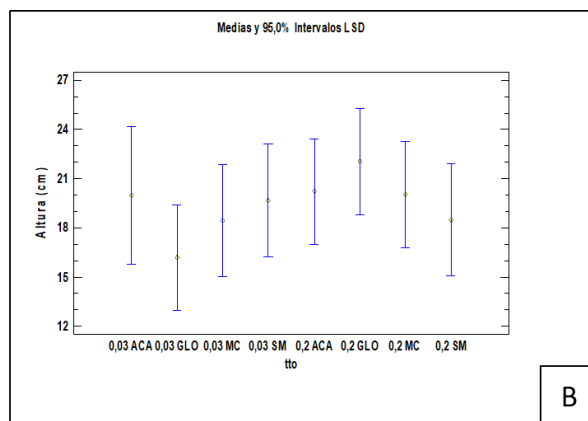
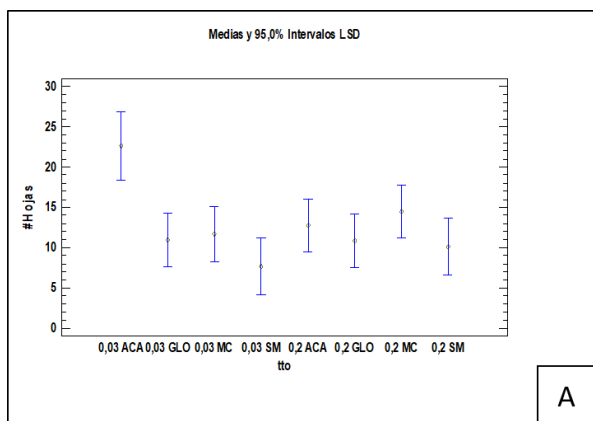


Figura 13. Análisis de variables de crecimiento en tamarindo: número de hojas (A), altura de la planta (B) y diámetro de tallo (C) y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).

Tabla 14. Análisis de varianza para número de hojas y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	971,819	7	138,831	2,54	0,0223
Residuo	3547,22	65	54,5726		
Total (Corr.)	4519,04	72			

Tabla 15. Comparación de medias mediante LSD (Diferencia mínima significativa) para número de hojas y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).

tto	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
0,03 SM	9	7,66667	2,46244	X
0,2 SM	9	10,1111	2,46244	XX
0,2 GLO	10	10,9	2,33608	XX

0,03 GLO	10	11,0	2,33608	XX
0,03 MC	9	11,6667	2,46244	XX
0,2 ACA	10	12,8	2,33608	XX
0,2 MC	10	14,5	2,33608	X
0,03 ACA	6	22,6667	3,01586	X

Tabla 16. Análisis de varianza para altura de planta y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	203,116	7	29,0165	0,55	0,7914
Residuo	3414,62	65	52,5327		
Total (Corr.)	3617,74	72			

Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de tallo y los dos niveles de P (0,03 mg/L y 0,2 mg/L).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2,39309	7	0,34187	1,65	0,1379
Residuo	13,4847	65	0,207458		
Total (Corr.)	15,8778	72			

3.2 Tipo de micorriza que presenta mejor asociación en plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) de acuerdo con las variables de crecimiento.

De acuerdo con lo obtenido en la Figura 11 y 13, el tipo de micorriza que presenta mejor asociación en las plántulas de tamarindo fue el inóculo de *Acaulospora* en el nivel de P de 0,03 mg/L, donde se evidencia valores superiores al otro nivel de P (0,2 mg/L), a los otros tratamientos y a los testigos.

Además, las plantas inoculadas con *Acaulospora*, posterior a la defoliación se recuperaron en menor tiempo, emitiendo brotes foliares con mayor abundancia y tamaño, comparado con los otros tratamientos (Figura 14).



Figura 14. Plantas inoculadas con *Acaulospora* nivel de P de 0,03 mg/L.

Orozco (2011) indica que el tamarindo es un frutal altamente rústico, que prospera en suelos pobres o marginados y con poco riego. Adicional a esto, Jiménez (2019) señala que la tolerancia a esas condiciones adversas del ambiente y por agentes bióticos, se ve favorecida gracias a la asociación que establece este frutal con los HMA; al evidenciar recuperación después de una defoliación ocasionada por el ataque de hormiga arriera de las plantas de tamarindo inoculadas con una mezcla comercial de micorrizas comparada con la no inoculadas.

Barrera (2009) coincide en que las micorrizas al mismo tiempo actúan como un complemento de la raíz de la planta para la toma de nutrientes (especialmente el P), aumenta la tolerancia a condiciones de estrés abiótico.

Aunque en las 21 semanas de evaluación (5,25 meses aproximadamente) solo se evidenció un efecto positivo de *Acaulospora* en uno de los niveles de P (0,03 mg/L), Orozco (2001), indica que aproximadamente entre los 8 a 12 meses la planta de tamarindo se encuentra en óptimas condiciones para su trasplante definitivo a los huertos de producción, probablemente, al aumentar los tiempos de evaluación a este intervalo se podría evidenciar efectos de los inóculos sobre las otras variables de crecimiento evaluadas.

3.3 Folleto con recomendaciones para la producción de plántulas de tamarindo con la inoculación de micorrizas para el uso de los productores locales.

Proyecto

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TAMARINDO (*Tamarindus L.*) EN VIVERO EN EL OCCIDENTE CERCANO ANTIOQUEÑO.

OBJETIVO GENERAL

EVALUAR EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TAMARINDO (*TAMARINDUS INDICA L.*) EN VIVERO EN EL OCCIDENTE CERCANO ANTIOQUEÑO.

APLICACIÓN DE MICORRIZAS EN VIVERO EN TAMARINDO
(*Tamarindus indica L.*)



Recomendaciones:

Regar con agua de acuerdo con las necesidades de la planta y teniendo en cuenta las condiciones agro-climatológicas de la zona.

Beneficios de la aplicación de micorrizas

- ✓ Es un bioinsumo (ayuda con la movilidad de nutrientes del suelo a la planta).
- ✓ Resistencia al ataque de plagas.
- ✓ Aumento del número de hojas.

A continuación, se especifican los pasos que debe seguir el productor de tamarindo en la etapa de vivero para la producción de plántulas.

1		Seleccionar y extraer las semillas.
2		Recolectar suelo de la zona.
3		Germinación de las semillas en canastas con arena.
4		Llenar bolsas de vivero con el suelo recolectado anteriormente.
5		Inocular el suelo con micorriza a base de Acaulospora (15 g/kg de suelo).
6		Realizar trasplante a las bolsas de vivero cuando las plántulas alcancen 10 cm de altura aprox.
7		La etapa de vivero tendrá una duración de 5 a 8 meses aproximadamente.
8		Cuando las plantas tengan un tamaño adecuado se realiza el trasplante al sitio definitivo.

4. Conclusiones

El efecto de la aplicación de inóculos micorrizales en tamarindo fue positivo, al observar un mayor número de hojas en el nivel de P de 0,03 mg/L con el inóculo *Acaulospora*. Y al adicionar P al suelo, se inhibió el efecto de la aplicación micorrizas en la etapa de vivero en las plantas de tamarindo.

Igualmente, posterior a la defoliación causado por la hormiga arriera (*Atta spp.*), se evidenció recuperación en menor tiempo, con emisión de brotes foliares nuevos con mayor abundancia y tamaño con el inóculo *Acaulospora*, comparado con los otros tratamientos y el control.

5. Recomendaciones

Se recomienda aumentar los tiempos de evaluación en la etapa de vivero, además de un nivel intermedio de P en el suelo y diferentes dosis de inóculo micorrizal.

Además, evaluar la dependencia micorrizal con el fin de conocer la relación simbiótica de estos inóculos y una mayor cantidad de variables de crecimiento y desarrollo, para así poder determinar el efecto de estos en la producción de frutales en el occidente cercano antioqueño.

Referencias

- Agronet. (2019). Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo. Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#>
- Aguilera Gómez, L., Olalde Portugal, V., Rubí Arriaga, M., & Contreras Alonso, R. (2007). Micorrizas arbusculares. *CIENCIA Ergo-Sum*, 14(3), 300–306.
- Alvarez, V. M., Muriel, S., & Osorio, N. (2015). Plantas asociadas al turismo y los sistemas tradicionales de manejo en el occidente cercano antioqueño (Colombia). *Ambiente y Desarrollo*, 19(37), 67. <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd19-37.pats>
- Arcos D.M. (2015). *Evaluación de hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA), en cuatro especies vegetales promisorias, en el Departamento de Antioquia*. Trabajo de grado de Ingeniería Agropecuaria, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
- Andrade-torres, A. (2010). Antigua Interacción Entre Plantas Y Hongos. *Ciencia*, 84–86. Retrieved from https://www.academia.edu/653234/Micorrizas_Antigua_interaccion_entre_plantas_y_hongos
- Ballesteros Possu, W., Unigarro, A., Rosero, S., & Solarte, A. (2004). Determinación de hongos formadores de micorrizas (hma) en theobroma cacao l, musa sp., simmonds, borojoa patinoi. Cuatr y bactris gasipaes hbk en el municipio de Tumaco, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 21(1), 41–50.
- Barrera Berdugo, S. (2009). El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 7(1), 123–132.
- Fabio A. Blanco, & Eduardo A. Salas. (1997). Micorrizas y nutricion mineral. 21(1), 55–67. Retrieved from http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Micorrizas_y_nutricion_mineral.pdf
- Garibay-Orijel, R., Morales-Marañón, E., Domínguez-Gutiérrez, M., & Flores-García, A. (2013). Caracterización morfológica y genética de las ectomicorrizas formadas entre Pinus montezumae y los hongos presentes en los bancos de esporas en la Faja Volcánica

- Transmexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 153–169.
<https://doi.org/10.7550/rmb.29839>
- Garzón, L. P. (2015). Importancia De Las Micorrizas Arbusculares (Ma) Para Un Uso Sostenible Del Suelo En La Amazonia Colombiana. *Luna Azul*, (42), 217–234.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.14>
- Guissou, T. (2009). Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to growth and nutrient uptake by jujube and tamarind seedlings in a phosphate (P)-deficient soil. *African Journal of Microbiology Research*, 3(5), 297–304.
- Habte M, Manjunath A. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. *Mycorrhiza*. 1991; 1:3-12.
- Honrubia, M. (2009). Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. Vol. 66S1: 133-144. doi:
10.3989/ajbm.2226
- Jiménez, J. P. (2019). Crecimiento y desarrollo de plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y zapote (*Matisia cordata* Bonpl.) asociadas a hongos arbusculares. Trabajo de grado Ingeniería Agropecuaria: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín
- Martinez, L.B., Pugnaire, F.I. (2009). Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas* 18(2):44-54.
- Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos
Mycorrhizae: An alternative of ecological fertilization in pastures. Pastos y Forrajes, 32(2), 105–119. Retrieved from www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001&nrm=iso
- Reena, J., Bagyaraj, D.J. Growth stimulation of *Tamarindus indica* by selected VA mycorrhizal fungi. *World J Microbiol Biotechnol* 6, 59–63 (1990). <https://doi.org/10.1007/BF01225356>
- Ruiz M. N. (2003). *El occidente antioqueño: Perfil subregional. Dirección planeación estratégica integral*. Medellín: Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia.

- Orozco-Santo, M. (2001). El cultivo del tamarindo (*Tamarindus indica* L.), en el trópico seco de México. *Campo Experimental Tecomán. Colima. México.*(7), 1–89. Retrieved from [http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:El+cultivo+del+tamarindo+\(Tamarindus+indica+L.\),+en+el+trópico+seco+de+México#1](http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:El+cultivo+del+tamarindo+(Tamarindus+indica+L.),+en+el+trópico+seco+de+México#1)
- Páez-Peñuñuri, M. E., Mercado-Mercado, G., Blancas-Benitez, F. J., Villegas-González, R. B., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2016). COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES SALUDABLES DEL TAMARINDO (*Tamarindus indica* L)/ BIOACTIVE COMPOUNDS AND HEALTH PROPERTIES OF TAMARIND (*Tamarindus indica* L). *BIOtecnia*, 18(1), 10. <https://doi.org/10.18633/bt.v18i1.241>
- Perez C, A., Rojas S, J., & Montes V, D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 3(2), 366. <https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.412>
- Pérez Hernández, F. (2016). Establecimiento de cultivo in vitro de *Tamarindus indica* L. para la obtención de antioxidantes. Retrieved from <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65363>
- Sánchez, M. (2007). *Las Endomicorrizas: Expresión bioedáfica de importancia en el trópico*. Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira.
- Sánchez de Prager, M., Posada, R. H., Velásquez Pomar, D., & Narvaez Castillo, M. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular.
- Schalamuk, S., Druille, M., & Cabello, M. N. (2013). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: Influencia de las prácticas agronómicas sobre su diversidad y dinámica de colonización. *Rizosfera, Biodiversidad y Agricultura Sustentable*, (January), 47–71.
- Silva, R., & Lucatero, S. (2006). *Diagnostico de la Cadena del Sistema Producto Tamarindo (Tamarindos indica L.), en el Estado de Colima . Colima*. 10.
- Viveros García, J. C., Angélica, K., Rodríguez, F., López, F. G., Pérez, E. G., Rosado, O. R., & Hernández Rosas, F. (2012). Sistemas de manejo y comercialización de tamarindo

(*Tamarindus indica* L.) en tres municipios de Veracruz* Systems management and marketing of tamarind (*Tamarindus indica* L.) in three municipalities of Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 1217–1230.

Waddar, K. H., & Lakshman, H. C. (2010). Effect of AM fungi on seedlings of *Tamarindus indica* L. and *Azadirachta indica* Juss for integrated nursery stock. *International Journal of Plant Protection*, 3(2), 248–252.

Anexos

Anexo A. Resultado análisis de suelos.

Biofertilizar S.A.S.
Carrera 65 No. 34-120 Interior 102, Medellín, Colombia
www.biofertilizar.com




RESULTADOS DE ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO

Código	1258	Recepción	30/07/2018	Entrega	13/08/2018
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Nombre:	Verónica Álvarez	ID		Teléfono:	
E-mail:		Finca:	Alberto Pineda	Lote	
Municipio	Sopetrán	Departamento	Antioquia	Vereda	El Llano
Cultivo(s):	Tamarindo				
ANALISIS FISICO-QUÍMICO					
* UNIDADES: mg/kg = ppm; cmol(+)/kg= meq/100 g; dS/m= mmhos/cm					
** INTERPRETACIÓN: B: bajo (deficiente); M: medio (suficiente); A: alto; ND: no detectable; NA: No analizado.					
Parámetro	Valor	Unidad*	Normal	Interpretación**	Método
Arena	34	%	20-70	M	Bouyoucos
Limo	24	%	30-50	B	Bouyoucos
Arcilla	42	%	10-25	A	Bouyoucos
Clase	Arcilloso	-	Franca	-	Triángulo textural
pH	6,2	-	5,5-6,0	A	1:1, agua, pH metro
CE	NA	dS/m	1-2	A	Pasta saturada
MO	8,8	%	5-10	M	Ignición
P	15	mg/kg	15-30	M	Bray II
P soluble	0,031	mg/L	0,1-0,2	B	0.01 M CaCl ₂
S	1,6	mg/kg	6-12	B	0.008 Ca(H ₂ PO ₄) ₂
Si	NA	mg/kg	20-30	A	0.01 M CaCl ₂
Al	0	cmol(+)/kg	<1	B	1 M KCl
Ca	16,4	cmol(+)/kg	3-6	A	1M Acetato NH ₄
Mg	9,9	cmol(+)/kg	1,5-2,5	A	1M Acetato NH ₄
K	2,55	cmol(+)/kg	0,15-0,30	A	1M Acetato NH ₄
Na	NA	cmol(+)/kg	<1	A	1M Acetato NH ₄
CIC ef	28,9	cmol(+)/kg	5-10	A	Suma cationes
Saturación Al	0,0	%	<35	B	100x[Al/CICef]
Saturación Ca	56,8	%	30-60	M	100x[Ca/CICef]
Saturación Mg	34,4	%	15-25	A	100x[Mg/CICef]
Saturación K	8,8	%	2-4	A	100xK/CICef
Saturación Na	-	%	2-4	A	100x[K/CICef]
Ca/Mg	1,7	-	2-5	B	-
Mg/K	3,9	-	2-4	M	-
Ca/K	6,4	-	6-12	M	-
Ca+Mg/K	10,3	-	8-16	M	-
Fe	30	mg/kg	25-50	M	Olsen-EDTA
Mn	5	mg/kg	5-10	B	Olsen-EDTA
Cu	4	mg/kg	3-5	M	Olsen-EDTA
Zn	3	mg/kg	3-5	B	Olsen-EDTA
B	0,2	mg/kg	0,5-1,0	B	Agua caliente

Analizó: Manuela Osorno. Supervisó: Walter Osorio

Anexo B. Ficha técnica Micorriza Comercial (MYCORFOS®).

	FICHA TECNICA MYCORFOS	Código: FT BIO 01
		Versión: 1
		Fecha de elaboración: 1 Noviembre 2016
		Numero de paginas: 1/1
NOMBRE DEL PRODUCTO	MYCORFOS	
NOMBRE COMERCIAL DEL PRODUCTO	MYCORFOS	
GENERALIDADES	<p>Inoculante biológico para uso agrícola, forestal y ambiental. Al aplicar este producto emplee la protección personal requerida (guantes, gafas, mascarilla, etc.). Lávese las manos al terminar la aplicación. En caso de irritación por contacto, inhalación o ingestión, consulte al médico.</p> <p>Instrucciones de uso: se puede aplicar al suelo o en sustratos de enraizamiento para promover enraizamiento, absorción de agua y nutrientes y promover la defensa de la planta frente a patógenos. La dosis es variable, en general se recomienda aplicar al sustrato de vivero (50 kg/m³), al hoyo de trasplante (50-100 g) o al árbol (100-500 g). Emplee la cantidad requerida del producto, cierre el saco y evite su humedecimiento.</p>	
CALIDAD Y/O CARACTERISTICAS	<p>Matriz sólida constituida por suelo y arena desinfectada que contiene esporas (>200 esporas) y micelio de hongos formadores de micorrizas arbusculares que están libres o asociados a fragmentos de raíces. Este inoculante biológico libre de patógenos de humanos, animales y plantas. pH 5.5-6.0. Densidad: 0.7 g/cm³. Pureza: > 99%. El producto cumple con la norma NTC 5842 de ICONTEC.</p>	
REQUISITOS GENERALES	<p>MYCORFOS es un inoculante biológico capaz de formar asociaciones simbióticas mutualistas con plantas y así mejorar el sistema de raíces para aumentar la toma de agua y nutrientes del suelo. Al mismo tiempo promueve la defensas de las plantas frente al ataque de patógenos y nematodos. Se ha encontrado un mayor efecto cuando se aplica en presencia de microorganismos solubilizadores de fosfato y otros minerales.</p>	
REQUISITOS ESPECIFICOS	<p>Lea la etiqueta antes de usarlo. Consulte con un asistente técnico para su correcto uso. Manténgase fuera del alcance de los niños.</p>	
EMPAQUES Y PRESENTACIÓN	<p>Sacos (costales) de polipropileno plásticos de 1, 10 y 25 kilogramos.</p>	
CONDICIONES DE CONSERVACIÓN	<p>Almacene en lugares secos y frescos. Los inóculos micorrizales tienen una larga duración (> 1 año). Una vez abierto el empaque evite su humedecimiento.</p>	
INFORMACIÓN ADICIONAL/ OBSERVACIONES	<p>Después de usar el contenido haga una correcta disposición del empaque siguiendo la normatividad actual. Se recomienda lavar 3 veces con una solución de hipoclorito de sodio disuelto en agua (1:1) y descártela como agua residual en el suelo. Destruya el envase. El envase vacío no deberá usarse para conservar alimentos o agua potable.</p>	